

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
31. Oktober 2002 (31.10.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/086325 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F04D 29/66,
F16L 55/04, 27/12

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): LEYBOLD VAKUUM GMBH [DE/DE]; Bonner
Strasse 498, 50968 Köln (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/03743

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. April 2002 (04.04.2002)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BEYER, Christian
[DE/DE]; Langenbergstrasse 205, 50765 Köln (DE). HO-
DAPP, Josef [DE/DE]; Simmerer Strasse 7b, 50935 Köln
(DE). ENGLÄNDER, Heinrich [DE/DE]; Im Krähwinkel
4, 52441 Linnich (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

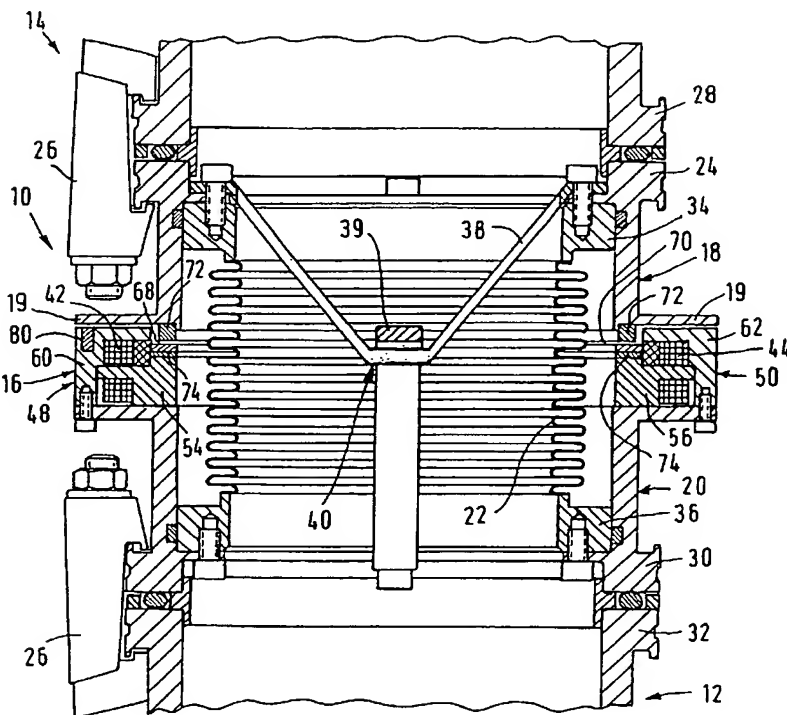
(30) Angaben zur Priorität:
101 19 075.1 19. April 2001 (19.04.2001) DE

(74) Anwälte: SELTING, Günther usw.; Deichmannhaus am
Dom, Bahnhofsvorplatz 1, 50667 Köln (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: VACUUM CONDUIT

(54) Bezeichnung: VAKUUMLEITUNG



(57) Abstract: The invention relates to a vacuum conduit (10) which interlinks two vacuum devices (12, 14) and which comprises a vacuum-tight flexible tubular section (22) and a vibration damper (16) axially in parallel to said flexible tubular section (22). The vibration damper (16) is an actively controlled axial magnetic bearing, thereby providing a vibration damper with good damping properties. The vibration damper can be adapted by modifying the control parameters and is not subject to any mechanical wear. The contactless vibration damping prevents transmission of structure-borne noise.

(57) Zusammenfassung: Zum Verbindung zweier Vakuumvorrichtungen (12, 14) dient eine Vakuumleitung (10), die einen vakuumdichten flexiblen Rohrabchnitt (22) und einen Schwingungsdämpfer (16) axial parallel zu dem flexiblen Rohrabchnitt (22) aufweist. Der Schwingungsdämpfer (16) ist ein aktiv geregeltes axiales

Magnetlager. Hierdurch wird ein Schwingungsdämpfer mit guten Dämpfungseigenschaften realisiert. Der Schwingungsdämpfer ist

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/086325 A1



(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

durch Veränderung der Regelungsparameter anpassbar und unterliegt keinem mechanischen Verschleiss. Die Übertragung von Körperschall wird durch die berührungslose Schwingungsdämpfung vermieden.

Vakuumleitung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vakuumleitung mit einem Schwingungsdämpfer, die der Verbindung zweier Vakuumvorrichtungen dient.

Vakuumpumpen, insbesondere schnelllaufende Turbomolekularpumpen, erzeugen während ihres Betriebes unvermeidbare Schwingungen. Die Vakuumpumpe ist durch eine Vakuumleitung mit einer anderen Vakuumvorrichtung verbunden, beispielsweise mit einem empfindlichen Analysegerät, einem Elektronenmikroskop u.ä. Bei großer Schwingungs- und Erschütterungsempfindlichkeit der angeschlossenen Vakuumvorrichtung weist die verbindende Vakuumleitung einen Schwingungsdämpfer auf, der die Übertragung der Schwingungen von der Vakuumpumpe auf die angeschlossene Vakuumvorrichtung weitgehend vermeidet. Derartige Schwingungsdämpfer weisen einen das Vakuumrohr bildenden faltenbalgartigen Federungskörper auf, der von einem Elastomer-Dämpfermantel umfasst ist. Das Federungs- und Dämpfungsverhalten des Schwingungsdämp-

- 2 -

fers ist konstruktiv festgelegt und kann später nicht mehr ohne weiteres geändert werden. Eine Anpassung des Schwingungsdämpferverhaltens an die Schwingungsverhältnisse am Einbauort kann im montierten Zustand nicht mehr vorgenommen werden. Der Federungskörper und der Dämpfermantel weisen eine gewisse Steifigkeit auf, so dass eine Übertragung von Schwingungen und Körperschall durch den Federungskörper und den Dämpfermantel nicht völlig vermieden werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vakuumleitung mit verbessertem Schwingungsdämpfer zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung ist der Schwingungsdämpfer ein aktiv geregeltes axiales Magnetlager. Das Magnetlager hat sowohl federnde als auch dämpfende Eigenschaften, so dass sowohl ein mechanisches Federelement als auch eine mechanische Dämpfungsvorrichtung entfallen können. Die mechanische Verbindung zwischen zwei Vakuumvorrichtungen kann daher in einer bevorzugten Ausführung auf einen dünnwandigen flexiblen Rohrabschnitt beschränkt werden, durch den Schwingungen zwischen den Vakuumvorrichtungen nur noch in geringem Maße übertragen werden können. Die Federungs- und Dämpfungs-Kenngrößen des aktiven Magnetlagers können auch im eingebauten Zustand jederzeit geändert werden, so dass die Abstimmung des Magnetlagers vor Ort im montierten Zustand jederzeit angepasst bzw. verändert werden kann. Dies erlaubt auch den Austausch und die Weiterverwendung des Magnetlager-Schwingungsdämpfers an einer anderen Vakuumpumpe. Durch die Ausbildung des Schwingungsdämpfers als aktiv geregeltes Magnetlager kann eine nahezu vollständige mechanische Entkopplung zweier Vakuumvorrichtungen voneinander realisiert werden.

- 3 -

Hierdurch wird die nahezu erschütterungsfreie Realisierung von Prozessen im Vakuum ermöglicht.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weist das Magnetlager eine ein axiales Magnetfeld erzeugende Magnetspule und, axial gegenüberliegend, einen permanent axial magnetisierten Hauptmagneten auf, wobei eine Regelungsvorrichtung zum Steuern der Magnetspule vorgesehen ist. Durch Änderung der Flussrichtung des die Magnetspule durchfließenden Stromes kann auf den axial gegenüberliegenden Hauptmagneten eine anziehende oder abstoßende Kraft generiert werden. Die Regeleinrichtung steuert die Magnetspule derart, dass die anziehende Kraft des Hauptmagneten auf das Joch, welches die Magnetspule umgibt, in etwa der Gewichtskraft der Vakuumpumpe entspricht. Der Abstand zwischen der Magnetspule und dem Hauptmagneten bleibt stets ungefähr gleich, wobei gleichzeitig Schwingungen in möglichst geringem Maße übertragen werden. Hiermit wird auf einfache Weise ein geregeltes axiales Magnetlager realisiert, das sowohl federnde als auch dämpfende Eigenschaften aufweist und eine gute mechanische Entkopplung der durch die Vakuumleitung miteinander verbundenen Vakuumvorrichtungen gewährleistet. Dadurch, dass die Gewichtskraft durch anziehende Kraft des Hauptmagneten kompensiert wird, bleibt der Strom- und Leistungsbedarf des Magnetlagers gering.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist ein Axialabstandssensor zur Messung des axialen Abstandes der beiden axialen Enden des Rohrabschnittes vorgesehen, wobei der Axialabstandssensor mit der Regelungsvorrichtung verbunden ist und die Regelungsvorrichtung die Magnetspule in Abhängigkeit von dem gemessenen Axialabstand steuert.

- 4 -

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist dem Hauptmagneten axial gegenüberliegend ein Jocheisen zur Bündelung des von der Magnetspule erzeugten Magnetfeldes vorgesehen. Durch die Bündelung des Magnetfeldes werden die Streuverluste möglichst gering gehalten, der Wirkungsgrad des Magnetlagers verbessert und die Genauigkeit der Regelung und damit die Güte der Entkopplung verbessert.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist magnetspulenseitig ein permanent axial magnetisierter Gegenmagnet vorgesehen, der mit dem Magnetfeld des Hauptmagneten zusammenwirkt. Der Gegenmagnet ist gegensinnig polarisiert und ungefähr axial zu dem Hauptmagneten angeordnet, so dass sich der Hauptmagnet und der Gegenmagnet gegenseitig abstoßen. Ferner wird der Anziehung zwischen dem Hauptmagneten und dem axial gegenüberliegenden Jocheisen entgegengewirkt. Das Größenverhältnis von Hauptmagnet zu Gegenmagnet wird so gewählt, dass die Gewichtskraft der für die Vakuumleitung vorgesehenen Vakuumpumpen von der resultierenden Kraft des Hauptmagneten auf das Joch der Magnetspule aufgebracht wird. Dadurch wird eine axiale Vorspannung der Dämpfungsvorrichtung vermieden. Ein entsprechender Vorspannungsausgleich durch die Magnetspule kann daher entfallen. Dies ermöglicht die Verwendung relativ kleiner Magnetspulen. Ferner wird auch die durch die Magnetspule erzeugte Wärme erheblich reduziert.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist magnetspulenseitig axial zwischen dem Hauptmagneten und der Magnetspule eine Wirbelstrom-Dämpfungsscheibe aus elektrisch leitendem Material angeordnet. Die Dämpfungsscheibe bewirkt eine Dämpfung radialer Bewegungen durch die bei radialen Bewegungen in der Dämpfungsscheibe induzierten Wirbelströme. Auf diese Weise wird eine wirkungsvolle radiale Dämpfung realisiert, die alternativ oder

- 5 -

ergänzend zu einer aktiven Dämpfung von radialen Bewegungen und/oder Kippbewegungen vorgesehen werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist das Magnetlager ringförmig ausgebildet, wobei der Hauptmagnet, der Gegenmagnet, das Jocheisen und die Magnetspule kreisringartig um den Rohrabschnitt herum angeordnet sind. Durch die Anordnung des Magnetlagers radial außen des Rohrabschnittes und nicht axial an den Rohrabschnitt anschließend wird eine kurze Baulänge der Vakuumleitung mit Schwingungsdämpfer ermöglicht.

Vorzugsweise sind mehrere separat ansteuerbare Magnetspulen ringartig um den Rohrabschnitt zum Ausgleich von Kippmomenten angeordnet. Zur Ermittlung von Kippbewegungen sind vorzugsweise mehrere Axialabstandssensoren vorgesehen, die mit der Regelungsvorrichtung verbunden sind. Die Magnetspule und die Gegen- und Hauptmagneten liegen ungefähr in einer Querebene, wodurch die Baulänge der Dämpfungsvorrichtung klein gehalten wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung sind die Polflächen der einander gegenüberstehenden Magnetpole nicht in der Querebene liegend, sondern die Polflächen und der Luftspalt zwischen den Polflächen, also zwischen dem Jocheisen und dem Hauptmagneten, sind zur Querebene geneigt. Hierdurch wird die Fläche des magnetfelddurchsetzten Luftspaltes vergrößert, so dass die Verwendung größerer und stärkerer Haupt- bzw. Gegenmagnete ermöglicht wird. Ferner wird durch die Neigung des Luftspaltes eine radiale Magnetkraftkomponente erzeugt, so dass neben der axialen auch eine aktive radiale Dämpfung realisiert werden kann. Für eine entsprechende Regelung sind daher vorzugsweise mehrere Radialabstandssensoren zur Ermittlung von Radialbewegungen vorgesehen.

- 6 -

Vorzugsweise ist der Rohrabschnitt als Faltenbalg ausgebildet. Der Faltenbalg ist dabei möglichst elastisch ausgebildet, beispielsweise in Form eines dünnwandigen Metall-Faltenbalgs. Hierdurch wird sichergestellt, dass durch den Faltenbalg praktisch kein Körperschall oder andere Schwingungen zwischen zwei angeschlossenen Vakuumvorrichtungen übertragen werden. Der Faltenbalg dient ausschließlich der vakuumdichten Abdichtung und hat keine federnde oder dämpfende Wirkung mehr. Vorzugweise ist zur Begrenzung des Hubes des Faltenbalges bei größeren Drücken innerhalb des Faltenbalges parallel zu dem Rohrabschnitt ein Hubbegrenzer vorgesehen, der die axiale Ausdehnung des Faltenbalges begrenzt.

Im folgenden werden unter Bezugnahme auf die Figuren zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Vakuumleitung mit Schwingungsdämpfer einer ersten Ausführungsform im Längsschnitt,
- Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung des Schwingungsdämpfers der Vakuumleitung der Fig. 1,
- Fig. 3 drei Magnetspulen mit zugehörigen Jocheisen des Schwingungsdämpfers der Fig. 1 und
- Fig. 4 eine vergrößerte Darstellung einer zweiten Ausführungsform eines Schwingungsdämpfers mit geneigten Polflächen und Luftspalt.

- 7 -

In Fig. 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vakuumleitung 10 zwischen einer als Turbomolekular-Vakuumpumpe 12 ausgebildeten ersten Vakuumvorrichtung und einer als Rezipienten 14 ausgebildeten zweiten Vakuumvorrichtung 14 dargestellt. Die nicht vollständig dargestellte Vakuumpumpe 12 hängt über die Vakuumleitung 10 an dem nicht vollständig dargestellten Rezipienten 14.

Der Rezipient 14 ist eine Messkammer eines Analysegerätes, eines Elektronenmikroskops oder eines anderen erschütterungsempfindlichen Gerätes. Die Auflösung und Messgenauigkeit derartig empfindlicher Geräte wird durch Erschütterungen und Schwingungen erheblich verschlechtert.

Die Turbomolekular-Vakuumpumpe 12 wird mit Drehzahlen bis zu 80.000 U/min. betrieben, wobei schon kleine Unwuchten des Pumpenrotors zu störenden Schwingungen führen. Um die Übertragung dieser Schwingungen von der Vakuumpumpe 12 auf den Rezipienten 14 zu vermeiden, wird der Rezipient 14 durch einen der Vakuumleitung 10 zugeordneten Schwingungsdämpfer 16 mechanisch von der Vakuumpumpe 12 entkoppelt.

Die Vakuumleitung 10 wird im wesentlichen gebildet von einem oberen Gehäuseteil 18, von einem unteren Gehäuseteil 20, dem Schwingungsdämpfer 16 zwischen den beiden Gehäuseteilen 18, 20 und einem von einem gas- und vakuumdichten Metall-Faltenbalg 22 gebildeten flexiblen Rohrabschnitt. Das obere Gehäuseteil 18 weist an seinem oberen Ende einen Befestigungsflansch 24 auf. Der Befestigungsflansch 24 des oberen Gehäuseteiles 18 ist mit mehreren Klammerschrauben 26 fest und vakuumdicht mit einem Rezipientenflansch 28 verbunden. Ebenso ist ein Befestigungsflansch 30 des unteren Gehäuseteiles 20 mit einem Pumpenflansch

- 8 -

32 der Vakuumpumpe 12 mit mehreren Klammerschrauben 26 vakuumdicht verbunden.

Innerhalb des von den beiden Gehäuseteilen 18, 20 umschlossenen Raumes ist der Faltenbalg 22 angeordnet und ist mit seinen beiden axialen Balgflanschen 34, 36 fest und vakuumdicht mit den beiden Befestigungsflanschen 24, 30 verschraubt. Die Steifigkeit des Faltenbalges 22 ist so niedrig wie möglich gewählt, um die Übertragung von Schwingungen über Körperschall durch den Faltenbalg 22 so gering wie möglich zu halten. Zwei mit ihren geschlossenen Enden ineinander greifende ungefähr V-förmige Stahlbleche 38, 39 bilden einen Hubbegrenzer 40, durch den der Hub, d.h. die axiale Streckung der Vakuumleitung 10 bzw. des Balges 22 begrenzt wird, beispielsweise bei relativ hohem Druck innerhalb des Balges 22.

Der Schwingungsdämpfer 16 ist ein aktiv geregeltes axiales Magnetlager und weist drei jeweils ein torusförmiges Magnetfeld erzeugende Magnetspulen 42, 44, 46 auf, die jeweils von einem ferromagnetischen Jocheisen 48, 50 durchdrungen und umgeben sind. Jedes der drei Jocheisen 48, 50 besteht im wesentlichen aus Jocheisen-Innenabschnitten 54, 56, 58, wie in Fig. 3 dargestellt, und im Querschnitt ungefähr L-förmigen Jocheisen-Außenabschnitten 60, 62. Zwischen den sich in einem Segment von ungefähr 120° erstreckenden Jocheisen-Innenabschnitten 54, 56, 58 ist jeweils eine Trennscheibe 66 aus nicht-ferromagnetischem Material vorgesehen, die die Jocheisen-Innenabschnitte 54, 56, 58 magnetisch voneinander trennt. Die Jocheisen 48, 50 bilden jeweils einen im Querschnitt rechteckigen Rahmen, der an einer radial inneren Ecke unterbrochen, also offen ist und dort einen Luftspalt 68, 70 bildet. Das Jocheisen 48, 50 besteht aus einem Eisen-Verbund-Werkstoff mit einem ungefähr 5%igen Kunststoffanteil, wodurch die Induktion von Wirbelströmen gering gehalten

- 9 -

und die Regelung des Magnetlagers 16 beschleunigt wird. Für das Jocheisen sind auch magnetisierbare Edelstähle verwendbar. Durch den Luftspalt 68, 70 von dem einen Ende des Jocheisens getrennt gegenüberliegend, ist an dem oberen Gehäuseteil 18 als Hauptmagnet 72 ein axial magnetisierter ringförmiger Permanentmagnet befestigt. Das von den Magnetspulen 42, 44, 46 erzeugte Magnetfeld wirkt auf den Hauptmagneten 72 in axialer Richtung anziehend oder abstoßend, je nach Polarisierung des von der Magnetspule 42, 44, 46 erzeugten Magnetfeldes, also je nach Stromrichtung in der Magnetspule 42, 44, 46.

An der axialen Stirnseite des einen offenen Jocheisenendes ist als Gegenmagnet 74 ein axial magnetisierter ringförmiger Permanentmagnet befestigt, der zu dem Hauptmagneten 72 gegensinnig polarisiert ist, so dass sich der Hauptmagnet 72 und der Gegenmagnet 74 abstoßen. Auf diese Weise werden die zwischen dem Hauptmagneten 72 und den Jocheisen 48, 50 erzeugten magnetischen Anziehungskräfte durch ungefähr entsprechend große Abstoßungskräfte zwischen dem Hauptmagneten 72 und dem Gegenmagneten 74 kompensiert. Durch Vorsehen des Gegenmagneten 74 kann die Regelung der axialen Lage um eine annähernd vorspannungsfreie axiale Mittellage herum erfolgen. Zur Regelung der axialen Mittellage sind daher nur relativ kleine Regelkräfte erforderlich. Dies ermöglicht kleine Magnetspulen 42, 44, 46. Ferner wird durch die relativ geringe erforderliche Regelleistung auch die Wärmeerzeugung begrenzt.

Axial vor dem Gegenmagneten 74 ist eine kreisrunde Wirbelstrom-Dämpfungsscheibe 76 aus einem elektrisch gut leitendem Material befestigt, beispielsweise aus Kupfer. Die Dämpfungsscheibe 76 liegt also axial zwischen dem Hauptmagneten 72 und dem Gegenmagneten 74, wobei der Luftspalt 68, 70 zwischen der Dämpfungsscheibe 76 und dem Hauptmagneten 72 angeordnet ist. Bei radia-

- 10 -

len Bewegungen und Vibrationen der Vakuumpumpe 12 werden durch den Hauptmagneten 72 in der Dämpfungsscheibe 76 elektrische Wirbelströme induziert. Dadurch wird die mechanische Bewegungsenergie der Vakuumpumpe 12 induktiv auf die Dämpfungsscheibe 76 übertragen und dort in Wärme umgesetzt. Auf diese Weise werden auch radiale Bewegungen und Vibrationen der Vakuumpumpe 12 gedämpft und dennoch nur in geringem Maße auf den Rezipienten 14 übertragen.

Im Bereich des Jocheisens 48, 50 sind dem Ringflansch 19 des oberen Gehäuseteiles 18 durch den Luftspalt 68, 70 getrennt gegenüberliegend drei axiale Abstandssensoren 80 angeordnet, durch die der axiale Abstand des Jocheisens 60, 62 des unteren Gehäuseteiles 20 von dem Ringflansch 19 des oberen Gehäuseteiles 18 gemessen wird. Der Abstandssensor 80 ist ein induktiver Sensor, der ein Abstandssignal an eine nicht dargestellte Steuervorrichtung liefert. Durch das Vorsehen von insgesamt drei gleichmäßig über den Umfang verteilten Abstandssensoren 80 werden auch Kippbewegungen zwischen der Vakuumpumpe 12 und dem Rezipienten 14 erfasst und können durch entsprechendes Steuern der Magnetspulen 42, 44, 46 durch die Steuervorrichtung ausgeglichen bzw. ihre Übertragung von der Vakuumpumpe 12 auf den Rezipienten 14 vermieden werden.

Bei der in Fig. 4 dargestellten zweiten Ausführungsform einer Dämpfungsvorrichtung 90 liegen der Hauptmagnet 72', der Gegenmagnet 74', die Dämpfungsscheibe 76' und damit auch der Luftspalt 68' nicht scheibenförmig in einer Querebene, sondern sind in einem Winkel von ungefähr 15° zu der Querebene geneigt, so dass der Winkel α des Luftspaltes 68' zur Längsachse nicht 90° , wie bei der in den Fig. 1-3 dargestellten ersten Ausführungsform, sondern ungefähr 75° beträgt. Ergänzend zu den drei axialen Abstandssensoren 80 sind drei radiale Abstandssensoren

- 11 -

92 gleichmäßig über den Umfang verteilt angeordnet. Die ebenfalls als Induktivsensoren ausgebildeten radialen Abstandssensoren 92 ermitteln den radialen Abstand gegenüber einem zylinderförmigen Mantel 94, der sich am Außenumfang des Ringflansches 19' des oberen Gehäuseteiles 18' anschließt. Durch die Neigung des Luftspaltes 68' lassen sich die Permanentmagnete 72', 74' sowie die Querschnittsfläche der Jocheisen 48' vergrößern, so dass sich auch die generierten und generierbaren Magnetkräfte hierdurch erhöhen lassen. Durch die Neigung des Luftspaltes 68' werden die senkrecht zur Luftspaltebene übertragenen Magnetkräfte ferner in eine axiale als auch in eine (kleinere) radiale Komponente aufgeteilt. Durch eine geeignete Regelung und Steuerung der Magnetspulen 42' lässt sich sowohl die axiale Lage als auch die radiale Lage des Rezipienten 14 im Verhältnis zu der Vakuumpumpe 12 regeln. Auf diese Weise lässt sich nicht nur die Übertragung axialer Schwingungen und Erschütterungen, sondern auch die Übertragung radialer Schwingungen und Erschütterungen von der Vakuumpumpe 12 auf den Rezipienten 14 auf ein Minimum begrenzen.

In der nicht dargestellten Steuervorrichtung sind Regel-Algorithmen und/oder Tabellen hinterlegt, die für jede Schwingungssituation eine Ansteuerung der Magnetspulen 42-46; 42' vorsieht, durch die eine Übertragung der Vakuumpumpen-Schwingungen auf den Rezipienten weitgehend vermieden wird.

In einer einfachen, nicht dargestellten Ausführungsform kann auch nur eine einzige konzentrische Magnetspule vorgesehen sein, die sich in einem geschlossenen Kreis über den gesamten Umfang erstreckt. Mit einer derartigen Anordnung lässt sich jedoch nur eine Dämpfung in axialer Richtung realisieren, nicht jedoch eine Dämpfung von Kippmomenten oder radialen Bewegungen. Grundsätzlich lässt sich ein Schwingungsdämpfer auch ohne Vor-

- 12 -

sehen eines Gegenmagneten oder einer Dämpfungsscheibe realisieren.

Die Permanentmagnete, nämlich Haupt- und Gegenmagnete, können auch radial außerhalb der Magnetspule angeordnet werden. Diese Anordnung erlaubt insgesamt größere Permanentmagnete, die größere Magnetkräfte erzeugen.

Durch Verwendung aktiv geregelter elektromagnetischer Schwingungsdämpfer wird die Schwingungsübertragung von der Vakuumpumpe auf eine angeschlossene Vakuumvorrichtung minimiert. Dadurch wird auch der Einsatz von Vakuumpumpen geringerer Wuchtgüte ermöglicht bzw. die Schwingungsfreiheit der angeschlossenen Vakuumvorrichtung verbessert. Dies erlaubt wiederum bei empfindlichen Analysegeräten, die beispielsweise in Verbindung mit einem angeschlossenen Rezipienten stehen, höhere Auflösungen bzw. genauere Messergebnisse.

- 13 -

PATENTANSPRÜCHE

1. Vakuumleitung zum Verbinden zweier Vakuumvorrichtungen (12, 14), mit

einem vakuumdichten flexiblen Rohrabschnitt (22) und

einem Schwingungsdämpfer (16) axial parallel zu dem flexiblen Rohrabschnitt (22),

dadurch gekennzeichnet,

dass der Schwingungsdämpfer (16) ein aktiv geregeltes axiales Magnetlager ist.
2. Vakuumleitung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Magnetlager eine ein axiales Magnetfeld erzeugende Magnetspule (42) und axial gegenüberliegend einen permanent axial magnetisierten Hauptmagneten (72) aufweist, wobei eine Regelungsvorrichtung zum Steuern der Magnetspule (42) vorgesehen ist.
3. Vakuumleitung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwingungsdämpfer (16) einen Axialabstandssensor (80) zur Messung des axialen Abstandes der beiden axialen Enden des Rohrabschnittes (22) aufweist, wobei der Axialabstandssensor (80) mit der Regelungsvorrichtung verbunden ist und die Regelungsvorrichtung die Magnetspule (42) in Abhängigkeit von dem gemessenen Axialabstand steuert.
4. Vakuumleitung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Hauptmagneten (72) axial gegenüberliegend ein

- 14 -

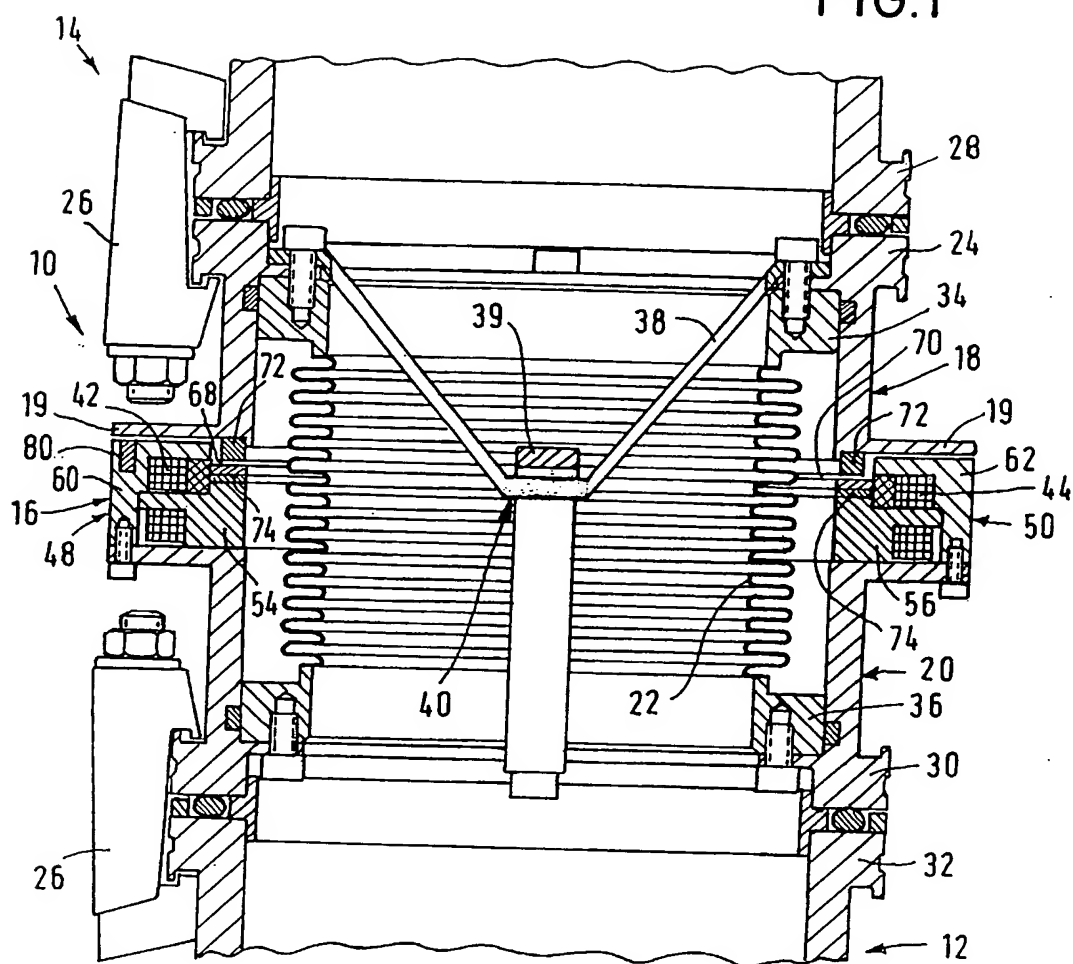
Jocheisen (48) zur Bündelung des von der Magnetspule (42) erzeugten Magnetfeldes vorgesehen ist.

5. Vakuumleitung nach einem der Ansprüche 2-4, dadurch gekennzeichnet, dass magnetspulenseitig ein permanent axial magnetisierter Gegenmagnet (74) vorgesehen ist, der mit dem Magnetfeld des Hauptmagneten (72) zusammenwirkt.
6. Vakuumleitung nach einem der Ansprüche 2-4, dadurch gekennzeichnet, dass magnetspulenseitig axial zwischen dem Hauptmagneten (72) und der Magnetspule eine Wirbelstrom-Dämpfungsscheibe (76) aus elektrisch leitendem Material angeordnet ist.
7. Vakuumleitung nach einem der Ansprüche 2-6, dadurch gekennzeichnet, dass das Magnetlager ringförmig ausgebildet ist, und der Hauptmagnet (72), der Gegenmagnet (74), die Jocheisen (48, 50) und die Magnetspulen (42, 44, 46) kreisringartig um den Rohrabschnitt (22) herum angeordnet sind.
8. Vakuumleitung nach einem der Ansprüche 2-7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere separat ansteuerbare Magnetspulen (42, 44, 46) ringartig um den Rohrabschnitt (22) zum Ausgleich von Kippmomenten angeordnet sind.
9. Vakuumleitung nach einem der Ansprüche 2-8, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Axialabstandssensoren (80) zur Ermittlung von Kippbewegungen und mehrere Radialabstandssensoren (92) zur Ermittlung von Radialbewegungen vorgesehen sind, wobei die Sensoren (80, 92) mit der Regelungsvorrichtung verbunden sind.

- 15 -

10. Vakuumleitung nach einem der Ansprüche 2-9, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetspule (42, 44, 46) radial außen oder innen des Haupt- und Gegenmagneten (72, 74) angeordnet ist.
11. Vakuumleitung nach einem der Ansprüche 2-10, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftspalt (68, 70) zwischen dem Jocheisen (48, 50) und dem Hauptmagneten (72) zur Querebene geneigt ist.
12. Vakuumleitung nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Radialabstandssensoren (92) vorgesehen sind.
13. Vakuumleitung nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrabschnitt (22) als Faltenbalg ausgebildet ist.
14. Vakuumleitung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass axial parallel zu dem Rohrabschnitt (22) ein Hubbegrenzer (40) vorgesehen ist.

FIG.1



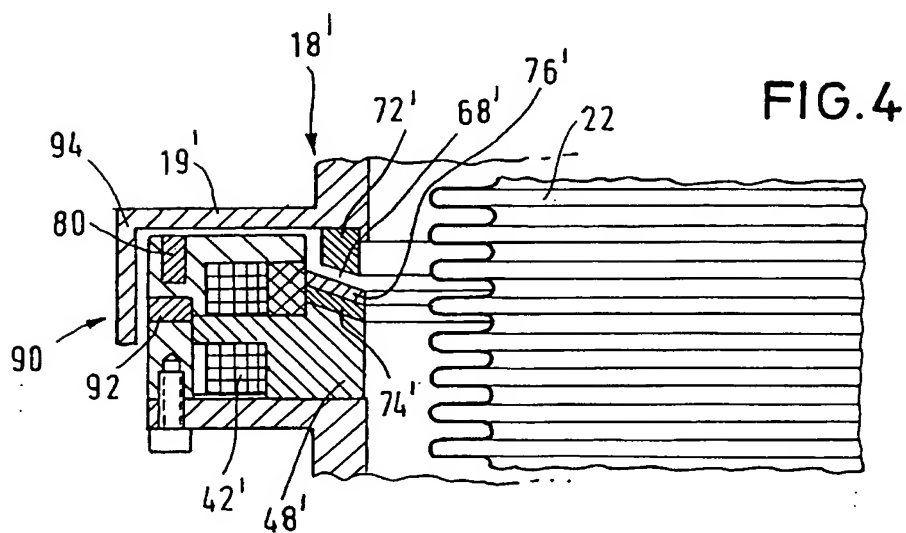
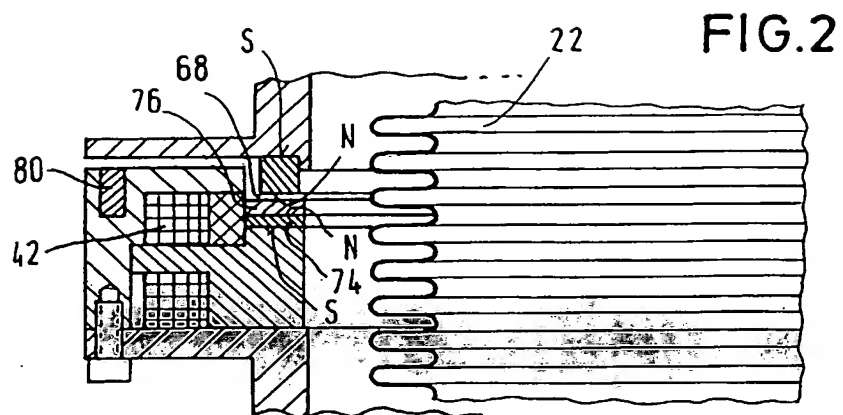
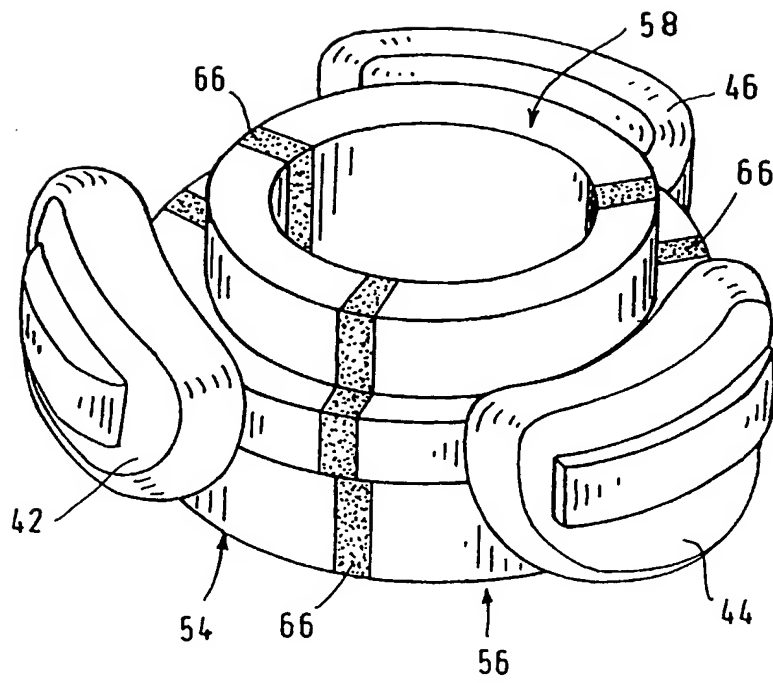


FIG. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/03743

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F04D29/66 F16L55/04 F16L27/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F04D F16L G05D F16F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 13, 30 November 1999 (1999-11-30) & JP 11 210455 A (CALSONIC CORP;NISSAN MOTOR CO LTD), 3 August 1999 (1999-08-03) abstract; figures 1,2 ---	1
P,A	DE 100 43 235 A (LEYBOLD VAKUUM GMBH) 14 March 2002 (2002-03-14) figures ---	1-14
P,A	DE 100 01 509 A (LEYBOLD VAKUUM GMBH) 19 July 2001 (2001-07-19) figures ---	1,13,14
A	US 5 059 092 A (KABELITZ HANS-PETER ET AL) 22 October 1991 (1991-10-22) column 2, line 29 - line 46; figures --- -/--	1-4,6-8, 10

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 August 2002

Date of mailing of the international search report

05/09/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Untermann, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/03743

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 609 332 A (MIKI MASA HARU ET AL) 2 September 1986 (1986-09-02) column 2, line 63 -column 3, line 48; figures	1-5,7,9, 10
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 14, 31 December 1998 (1998-12-31) & JP 10 252963 A (TOOFURE KK), 22 September 1998 (1998-09-22) abstract	1,13,14
A	--- US 4 795 927 A (MORII SHIGEKI ET AL) 3 January 1989 (1989-01-03) abstract; figures 1,6 -----	1,2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/03743

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 11210455	A	03-08-1999	NONE	
DE 10043235	A	14-03-2002	DE 10043235 A1 WO 0218794 A1	14-03-2002 07-03-2002
DE 10001509	A	19-07-2001	DE 10001509 A1 WO 0151817 A1	19-07-2001 19-07-2001
US 5059092	A	22-10-1991	DE 3931661 A1 DE 59007218 D1 EP 0414127 A1 JP 2870604 B2 JP 3096696 A	04-04-1991 27-10-1994 27-02-1991 17-03-1999 22-04-1991
US 4609332	A	02-09-1986	JP 1933436 C JP 6046036 B JP 59093992 A DE 3341716 A1 FR 2536473 A1 GB 2130655 A , B	26-05-1995 15-06-1994 30-05-1984 24-05-1984 25-05-1984 06-06-1984
JP 10252963	A	22-09-1998	NONE	
US 4795927	A	03-01-1989	JP 62258219 A JP 1953999 C JP 6080328 B JP 62297533 A FR 2598191 A1	10-11-1987 28-07-1995 12-10-1994 24-12-1987 06-11-1987

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/03743

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F04D29/66 F16L55/04 F16L27/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F04D F16L G05D F16F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 13, 30. November 1999 (1999-11-30) & JP 11 210455 A (CALSONIC CORP; NISSAN MOTOR CO LTD), 3. August 1999 (1999-08-03) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 ---	1
P,A	DE 100 43 235 A (LEYBOLD VAKUUM GMBH) 14. März 2002 (2002-03-14) Abbildungen ---	1-14
P,A	DE 100 01 509 A (LEYBOLD VAKUUM GMBH) 19. Juli 2001 (2001-07-19) Abbildungen ---	1,13,14
A	US 5 059 092 A (KABELITZ HANS-PETER ET AL) 22. Oktober 1991 (1991-10-22) Spalte 2, Zeile 29 - Zeile 46; Abbildungen ---	1-4,6-8, 10
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

A Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. August 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/09/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Untermann, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/03743

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 609 332 A (MIKI MASAHARU ET AL) 2. September 1986 (1986-09-02) Spalte 2, Zeile 63 -Spalte 3, Zeile 48; Abbildungen	1-5,7,9, 10
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 14, 31. Dezember 1998 (1998-12-31) & JP 10 252963 A (TOOFURE KK), 22. September 1998 (1998-09-22) Zusammenfassung	1,13,14
A	----- US 4 795 927 A (MORII SHIGEKI ET AL) 3. Januar 1989 (1989-01-03) Zusammenfassung; Abbildungen 1,6 -----	1,2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/03743

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 11210455 A	03-08-1999	KEINE	
DE 10043235 A	14-03-2002	DE 10043235 A1 WO 0218794 A1	14-03-2002 07-03-2002
DE 10001509 A	19-07-2001	DE 10001509 A1 WO 0151817 A1	19-07-2001 19-07-2001
US 5059092 A	22-10-1991	DE 3931661 A1 DE 59007218 D1 EP 0414127 A1 JP 2870604 B2 JP 3096696 A	04-04-1991 27-10-1994 27-02-1991 17-03-1999 22-04-1991
US 4609332 A	02-09-1986	JP 1933436 C JP 6046036 B JP 59093992 A DE 3341716 A1 FR 2536473 A1 GB 2130655 A , B	26-05-1995 15-06-1994 30-05-1984 24-05-1984 25-05-1984 06-06-1984
JP 10252963 A	22-09-1998	KEINE	
US 4795927 A	03-01-1989	JP 62258219 A JP 1953999 C JP 6080328 B JP 62297533 A FR 2598191 A1	10-11-1987 28-07-1995 12-10-1994 24-12-1987 06-11-1987